

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FI05/000066

International filing date: 01 February 2005 (01.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FI  
Number: 20040154  
Filing date: 02 February 2004 (02.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 31 March 2005 (31.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

Helsinki 15.3.2005

E T U O I K E U S T O D I S T U S  
P R I O R I T Y D O C U M E N T



Hakija  
Applicant

ABB Oy  
Helsinki

Patentihakemus nro  
Patent application no

20040154

Tekemispäivä  
Filing date

02.02.2004

Kansainvälinen luokka  
International class

H02H

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Terminen ylikuormitussuoja"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä, Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings, originally filed with the Finnish Patent Office.

*Markketa Tehikoski*

Markketa Tehikoski  
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

*Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1142/2004 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.*

*The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1142/2004 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.*

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FI-00101 Helsinki, FINLAND

## Terminen ylikuormitussuoja

### Keksinnön tausta

Keksintö liittyy termiseen ylikuormitussuojaaukseen sähkölaitteiden ja erityisesti sähkömoottorien suojaamiseksi ylikuumenemiselta.

5 Sähkömoottoreita hyödynnetään monilla sovellusalueilla käytämään erilaisia liikkuvia osia. Sähkömoottoriin liittyy usein ohjausyksikkö, joka säättää ja tarkkailee sähkömoottorin toimintaa, esimerkiksi pyörimisnopeutta.

10 Sähkömoottori voi toimia hetkellisesti myös ylikuormitettuna mutta jos ylikuumenee kuormituksen jatkuessa, mikä voi johtaa moottorin vaurioitumiseen. Kriittisintä on staattorikäämityksen eristyksen vaurioituminen ylikuumenemisen takia.

15 Sähkömoottorin suojaamiseksi termistä ylikuormitusta vastaan tunnetaan erilaisia ratkaisuja. Eräs tunnettu ratkaisu perustuu moottorivirran 1..3-vaiheiseen mittaan ja moottorin lämpenemän mallintamiseen RC-sijaiskytkennällä. Vanhin ja yleisin tekninen toteutus on suoraan tai virtamuuntajan välityksellä pääpiiriin kytketty bi-metallirele (lämpörele).

20 Eräs tunnettu ratkaisu on moottorin sisälle tai yhteyteen sijoitettu terminen suojauskytkin, joka tietyn lämpötilarajan jälkeen laukeaa (trip) ja keskeyttää virrankulun sähkömoottorin läpi. Kehittyneempi versio on elektroninen yksikkö, joka mittaa sähkömoottorin lämpötilaa lämpötila-antureilla ja laukaisee moottorin pois päältä. Tämä vaihtoehtoinen tapa perustuu suoraan lämpötilan detekointiin erillisin anturein. Ongelmana on vaikeus saada anturit oikeaan paikkaan. Tällainen suoja reagoi suhteellisen hitaasti.

25 Numeerisessa suojaussa tietoa käsitellään numeerisessa muodossa eli digitaalisesti. Analoginen mittaustieto muutetaan A/D-muuntimella digitaaliseksi. Varsinainen mittaus- ja suojaustoimintojen toteutus tehdään mikroprosessorin avulla. Terminen ylikuormitussuoja mittaa moottorin tai muun suojaattavan kohteen (esim. kaapeli tai muuntaja) vaihevirojen (kuormavirtojen) tehollisarvoja (rms) ja laskee lämpötilariippuvaisen toiminta-ajan. Tämä terminen toiminta-aika voi olla standardin IEC 60255-8 mukainen:

$$t = \tau \ln \frac{I^2 - I_p^2}{I^2 - I_b^2}$$

missä

$t$  = toiminta-aika

$\tau$  = aikavakio

$I_p$  = kuormavirta ennen kuin ylikuormitus tapahtuu

$I$  = kuormavirta

$I_b$  = toimintavirta (maksimi sallittu jatkuva virta)

5 Terminen aikavakio  $\tau$  on määritelty ajaksi, joka suojaavalla kohdeelta tarvitaan lämpötila  $\theta$ , joka on tietty osa (esim. 63%) steady-state-lämpötilasta  $\theta_s$ , kun suojaavaa kohdetta syötetään vakiovirralla. Toimintavirta  $I_p$  on suurin sallittu jatkuva virta, joka myös vastaa suurinta sallittua lämpötilaa eli steady-state-lämpötilaa  $\theta_s$ . Tämä suurin sallittu lämpötila on laukaisutaso (trip 10 level). Vaihtoehtoisesti voidaan vaihevirroista laskea suojaavan kohteen termisen kuormituksen suhteellinen arvo täyteen (100%) termiseen kuormitukseen nähdyn. Laukaisu tapahtuu, kun suhteellinen terminen kuormitus saavuttaa 100% arvon.

15 Numeeriseen termiseen suojaukseen liittyy siten raskasta laskentaa, joka vaatii tehokkaan prosessorin ja nopeita ja kalliita oheispiirejä, kuten muisteja. Tekniikan tason ratkaisuissa on käytetty tehokasta prosessoria, jossa on lisäksi sisäänrakennettu matematiikkaprosessori, liukulukuyksikön (Floating Point Unit, FPU) tai vastaavan yksikkö tosiaikaisen laskennan suorittamiseksi määritellyssä ajassa. On myös käytetty tehokasta prosessori, jossa on kirjasto-20 funktoita, jotka emuloivat liukulukuyksikköä. On myös toteutuksia joissa algoritmi toteutettu ASIC piirein, jolloin niissä ei ohjelmoitavuutta jälkikäteen. Tällaiseen single purpose -piiriin ei siksi voi tehdä muutoksia vaan tarvitaan aina uusi piiri, jos toimintaa halutaan muuttaa. On myös toteutuksia, joissa sekvenssi-25 nä mitataan/lasketaan virta - lasketaan lämpenemä - jälleen mitataan, jne. Tällainen toteutus ei takaa täysin reaalialkaista suojausta (ei jatkuva mittausta), mutta sallii tehottomamman prosessorin.

### Keksinnön lyhyt selostus

30 Keksinnön tavoitteena on siten kehittää sähkölaitteiden termiseen suojaukseen menetelmä ja menetelmän toteuttava laite, joilla suojaukseen liittyvä laskentaa voidaan keventää ja prosessorien ja oheispiirien teknisiä vaatimuksia alentaa. Keksinnön tavoite saavutetaan menetelmällä ja järjestelmällä, joille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksissa. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

35 Keksintö perustuu siihen, että termisen kuormituksen laskeva matemaattinen yhtälö tai algoritmi operandeineen ohjelmoidaan X-bittiselle, edul-

lisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävälle prosessorijärjestelmälle sopivaksi siten, tulos tai välistulos eivät ohjelmaa prosessorijärjestelmässä ajetaessa koskaan ylitä  $X$ -bittistä arvoa. Mitattu virta skaalataan edullisesti yksikköarvoksi alueelle  $0 - Y$ , missä  $Y$  edustaa  $Y/100\%$  nimellisvirrasta ja edullisesti  $Y=65000$ , jolloin laskenta on riippumaton todellisesta virta-alueesta.

Keksinnön ansiosta terminen kuormitus voidaan laskea vähemmän tehokkaalla prosessorilla ja vähemmällä muistilla, mikä puolestaan laskee laitteen tehonkulutusta, valmistuskustannuksia ja fyysisää kokoa. Laskenta voidaan toteuttaa yksinkertaisella ja siirrettävällä koodilla, joka ei vaadi matematiikkaprosessoria tai matemaattisia kirjastoja. Kuitenkin terminen kuormitus voidaan laskea lähes 64-bitin liukulukulaskennan tarkkuudella, vaikka prosessori käyttäisi 32-bitin kiinteän pilkun aritmetiikkaa.

### **Kuvioiden lyhyt selostus**

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin esimerkinomaisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

Kuvio 1 on esimerkinomainen lohkokaavio, joka havainnollistaa keksinnön erään keksinnön erään suoritusmuodon mukaista ylikuormitussuojaan;

Kuvio 2 on esimerkinomainen signaalikaavio, joka havainnollistaa kuvion 1 laitteen toimintaa; ja

Kuvio 3 on esimerkinomainen vuokaavio, joka havainnollistaa kuvion 1 laitteen toimintaa.

### **Keksinnön yksityiskohtainen selostus**

Kuviossa 1 terminen ylikuormitussuoja on kytketty suojaavan sähkömoottorin  $M$  tai muun sähkölaitteen ja kolmivaiheisen verkkovirtasyötön  $L1$ ,  $L2$  ja  $L3$  väliin.  $S1$  on pääverkkokytkin, esimerkiksi manuaalisesti ohjattu, ja  $S2$  on ylikuormitussuojan ohjaama vapautuskytkin, jota ohjataan laukaisusignaaliilla TRIP. Ylikuormitussuoja 1 mittaa moottorin  $M$  verkkovirtasyötön kunkin vaiheen  $L1$ ,  $L2$  ja  $L3$  kuormavirtaa virranmittausyksiköllä 10, joka perustuu esimerkiksi virtamuuntajiin. Lisäksi ylikuormitussuoja 1 voi käsittää mittausyksikön 11 vaihejännitteiden mittaaniseksi. Lisäksi ylikuormitussuoja 1 edullisesti käsittää käyttöliittymän eli ihmisen-kone-rajapinnan HMI (Human-Machine-Interface) 12, johon liittyy näyttö 13 ja näppäimistö 14. Edelleen ylikuormitussuoja 1 voi käsittää tiedonsiirtoyksikön 15, joka on liitetty paikallisverkkoon (esim. Ethernet), väylään, kenttäväylään (Fieldbus, esim. Profibus DP) tai muuhun tiedonsiirtomediaan 17.

Keksinnön kannalta oleellisin toiminta liittyy suojaus- ja ohjausyksikköön 16. Ylikuormitussuoja 1 on toteutettu mikroprosessijärjestelmällä, jolloin pääosa yllämainituista yksiköistä toteutetaan sopivilla mikroprosessorin ohjelmilla ja oheispiireillä, kuten muistipiireillä. Virta- ja jännitemittausyksiköiden 5 tuottamat mittausarvot muutetaan numeerisiksi eli digitaalisiksi arvoiksi digitaali-analogiamuuntimilla (A/D). Keksinnön perusperiaatteen mukaisesti mikroprosessorijärjestelmä käyttää kiinteän pilkun aritmetiikkaa, edullisesti 32-bittistä aritmetiikkaa. Sopiva prosessorityyppi on esimerkiksi 32-bit RISC käskykannan omaava yleiskäyttöinen prosessori, kuten ARM7/9 tai M68k-sarja.

10 On ymmärrettävä, että yllä esitetty rakenne on vain yksi esimerkki eksinnön toteuttavasta termisestä ylikuormitussuojasta.

Ylikuormitussuoja 1 suojaaa moottoria M ylikuumenemiselta ja siitä aiheutuvilta vaurioilta. Suojaus perustuu moottorin termisen kuormituksen laskemiseen mitattujen vaihevirtojen perusteella. Seuraavaksi selitetään suojan 15 yleistä toimintaa kuvioiden 2 ja 3 esimerkin avulla. Vaihejohtimet L1, L2 ja L3 kytketään moottorille M sulkemalla kytkimet S1 ja S2. Virranmittausyksikkö 10 mittaa vaiheiden virrat (vaihe 31, kuvio 3) ja ohjausyksikkö 16 laskee vaihevirtojen perusteella moottorin M termisen kuorman kiinteän pilkun aritmetiikalla (vaihe 32). Termisen kuormituksen laskemisessa käytetty matemaattinen yhtälö voi olla yhdelle vaiheelle seuraava:

$$\Theta_k = \Delta T * \frac{i^2}{C} + \left(1 - \frac{\Delta T}{R * C}\right) * \Theta_{k-1}$$

missä

$\Theta$  = terminen kuorma, edullisesti 0 to 200% vastaten edullisesti arvoalueita 0-2,4

25  $\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli, edullisesti millisekunneissa

$R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin, edullisesti 1...10

$C$  = trip-luokan kerroin

$i$  = mitattu kuormavirta

30 Kerroin  $C$  on edullisesti trip-luokan kerroin  $t_6$ , joka kertoo moottorille asetetun suurimman käynnistysajan suhteessa todelliseen moottorin käynnistysaikaan. Kerroin  $C$  voi olla esimerkiksi 1,7 (x todellinen käynnistysaika). Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrotaan vakiolla, edullisesti 29.5, tai lasketaan kaavalla  $(1/k) * Te * (Ia/In)^2$ , missä  $Ia$  = käynnistysvirta,  $In$  = nimellisvirta,  $Te$  = sallittu käynnistysaika ja  $k$  = vakio. Vakio  $k$  = 35

1,22, kun halutaan vastaava toiminta-aikakäyrästö kuin trip luokan ja t6 ajan yhdistelmällä (IEC 60947-4-1 vaatimusten mukaiset toiminta-ajat). Mitattu virta skaalataan edullisesti yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta ja edullisesti Y=65000, jolloin laskenta on riippumaton todellista virta-alueesta.

Tarkastellaan esimerkinä 32-bittistä kiinteän pilkun aritmetiikkaa. Keksinnön mukaisesti yllä kuvattu termisen kuormituksen laskeva matemaattinen yhtälö tai algoritmi operandeineen ohjelmoidaan 32-bittistä kiinteän pilkun mettiikkaa käyttävälle prosessorijärjestelmälle sopivaksi siten, tulos tai välijulos 10 eivät ohjelmaa prosessorijärjestelmässä ajettaessa koskaan ylitä 32-bittistä arvoa.

Esimerkki täällä tavoin struktroidusta ja skaalatusta laskentayhtälöstä ohjelmoidusta on

```

thRes =((ΔT*(i2/C)+ROUNDING)/MSEC)
+(((((MSEC*SCALING)-((ΔT*SCALING)/(R*C)))/SPART1)*th)/SPART2)
+thFract
missä operandien arvot ovat esimerkiksi seuraavia
15 thRes = terminen kuorma 0 to 200% vastaten arvoalueutta 0-24000
ROUNDING = esim. 500
MSEC = esim. 1000
SCALING = esim. 10000
SPART1 = esim. SCALING / 10
20 SPART2 = esim. SCALING / 100
thFract = edellisen laskennan thRes jaettuna vakiolla, esim.
vakiolla = SCALING = 10000.
ROUNDING vastaa desimaalipyyristystä. MSEC skaalaa millise-
kunnit sekunneiksi. SCALING on tarkkuuden skaalaus. Termien SPART1 ja
25 SPART2 tulo edustaa aikayksikön (edullisesti millisekuntien) skaalausta, joka
on jaettu kahteen osaan laskentatarkkuuden säilyttämiseksi.

```

Termisen kuormituksen tulos thRes on skaalausen vuoksi liian suuri (esimerkissä alueella 0-24000) ja se skaalataan alas päin edustamaan käytettyä termisen kuormituksen yksikköarvoa (per unit value), esimerkissä 30 alueelle 0-2,4

$$\Theta = \text{thRES}/10000$$

Tämä osamäärä  $\Theta$  tallennetaan parametrina thFract ja sitä käytetään seuraavalla kerralla laskennassa. Laskentatarkkuus on 0-100% termisellä kuormituksella parempi kuin 0,1% termisestä kuormituksesta.

Kuvion 2 kuvaaja esittää laskettua termistä kuormitusta  $\Theta$  ajan t funktiona. Moottorin M käynnistyttyä kylmästä tilasta, se alkaa lämmetä. Samalla tavoin laskettu terminen kuormitus  $\Theta$  kasvaa ajan funktiona. Kun terminen kuormitus  $\Theta$  kasvaa tietylle asetetulle hälytystasolle Alarm\_level, ohjausyksikkö 16 voi antaa hälytyksen operaattorille esimerkiksi käyttöliittymän 12-14 tai tietoliikenneyksikön 15 kautta (vaiheet 35 ja 36 kuviossa 3). Ohjausyksikkö 16 voi myös jatkuvasti tai tietyn tason jälkeen laskea jäljellä olevan ajan laukaisuun (time-to-trip) ja ilmoittaa sen operaattorille (vaiheet 33 ja 34 kuviossa 3). Kun terminen kuormitus  $\Theta$  kasvaa tietylle asetetulle laukaisutasolle Trip (edullisesti 100% moottorin lämpökuormasta), ohjausyksikkö 16 aktivoi laukaisusignaalin TRIP, joka ohjaa kytkimen S2 auki, jolloin moottori M kytetään irti kolmivaihesyötöstä L1, L2 ja L3 (vaiheet 37 ja 38 kuviossa 3). Jos moottorin termistä kapasiteettia on laukaisun (tripping jälkeen) jälkeen jäljellä liian vähän (esim. vähemmän kuin 60%), suoja 1 voi estää uuden käynnistyksen kunnes moottori jäähtyy tietylle tasolle (restart inhibit) tai tietyn ajan (vaiheet 39 ja 40 kuviossa 3). Käynnistystä varten signaali TRIP kytetään jälleen inaktiiviseksi ja kytkin S2 suljetaan. Eräässä suoritusmuodossa operaattori voi ohjata ohjausyksikön 16 override-tilaan, jossa Trip-taso on kaksinkertainen (override Trip-taso).

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehitylessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

**Patenttivaatimukset**

1. Laite sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin (M), termistä yli-kuormitussuojausta varten, joka laite käsittää välineet (10) sähkölaitteelle (M) syötetyin ainakin yhden kuormavirran mittaaniseksi, välineet (16) sähkölaitteen 5 termisen kuormituksen laskemiseksi mainitun ainakin yhden kuormavirran perusteella sekä välineet (S2) virransyötön (L1,L2,L3) keskeyttämiseksi, kun terminen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason, tunnettu siitä, että mainitut välineet (16) sähkölaitteen termisen kuormituksen laskemiseksi käsittävät X-bittistä, edullisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävän prosessorijärjestelmän, joka sisältää välineet mitatun virran skaalaamiseksi yksikköarvoksi 10 alueelle 0 - Y, missä Y edustaa  $Y/100$  % nimellisvirrasta, ja välineet termisen kuorman laskemiseksi matemaattisella yhtälöllä, joka on operandeineen ohjelmoitu mikroprosessorijärjestelmään siten strukturoituna, että tulos tai välitulo 15 eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite, tunnettu siitä, että matemaattinen yhtälö on

$$\Theta_k = \Delta T * \frac{i^2}{C} + \left(1 - \frac{\Delta T}{R * C}\right) * \Theta_{k-1}$$

missä

$\Theta$  = terminen kuorma

20  $\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli

$R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

$C$  = trip-luokan kerroin

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite, tunnettu siitä, että käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

25  $\Theta = 0$  to 200% vastaten edullisesti arvoalueutta 0-2,4

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa

$R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin alueella 1...10

$C$  = trip-luokan kerroin

$i$  = mitattu virta.

30 4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen laite, tunnettu siitä, että matemaattinen yhtälö, joka on operandeineen strukturoitu siten, että termisen kuorman laskennan tulos tai välitulo eivät koskaan ylitä 32-bittistä arvoa on

```

thRes = ( (ΔT * (i2 / C) + ROUNDING) / MSEC )
+ ( ( ( (MSEC * SCALING) - ( (ΔT * SCALING) / (R * C) ) ) / SPART1 ) * th ) / SPART2
+ thFract

```

missä

thRes = terminen kuorma,

ΔT = on termisen kuorman laskentaväli

R = sähkölaitteen jäähdystyskerroin

5 C = trip-luokan kerroin

i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi

ROUNDING = pyöristyskerroin

MSEC = aikayksikön skaalaus

SCALING = tarkkuuden skaalaus

10 SPART1 = osaskaalaus

SPART2 = osaskaalaus

thFract = edellisen laskennan terminen kuorma thRes jaettuna vakiolla.

5. Patentivaatimuksen 4 mukainen laite, tunnettua siitä, että 15 käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

thRes = 0 to 200% vastaten edullisesti arvoalueutta 0-24000

ΔT = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa

R = 1...10

20 i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi 0-65000, joka vastaa 0-650% nimellisvirrasta,

ROUNDING = 500

MSEC = 1000

SCALING = 10000

SPART1 = SCALING / 10

25 SPART2 = SCALING / 100

thFract = edellisen laskennan thRes jaettuna vakiolla SCALING.

6. Patentivaatimuksen 3, 4 tai 5 mukainen laite, tunnettua siitä, 30 että C on trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrottuna vakiolla, edullisesti 29.5, tai laskettuna kaavalla  $(1/k) * Te * (Ia/In)^2$ , missä Ia = käynnistysvirta, In = nimellisvirta, Te = sallittu käynnistysaika ja k = vakio, edullisesti k = 1,22.

7. Menetelmä sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin, termistä yli-kuormitussuojausta varten, joka menetelmä käsitteää  
 ainakin yhden sähkölaitteelle syötetyn kuormavirran mittaamisen,  
 sähkölaitteen termisen kuormituksen laskemisen mainitun ainakin

5 yhden kuormavirran perusteella, ja  
 virransyötön keskeyttämisen sähkölaitteelta, kun terminen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason, tunneettu siitä, että  
 mitattu virta skaalataan yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa  $Y/100\%$  nimellisvirrasta,

10 sähkölaitteen terminen kuormitus lasketaan X-bittisellä, edullisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttäväällä prosessorijärjestelmällä, johon termisen kuormituksen matemaattinen yhtälö on ohjelmoitu siten strukturoituna, että tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, tunneettu siitä,

15 että matemaattinen yhtälö on

$$\Theta_k = \Delta T * \frac{i^2}{C} + \left(1 - \frac{\Delta T}{R * C}\right) * \Theta_{k-1}$$

missä

18  $\Theta$  = terminen kuorma, edullisesti 0 to 200% vastaten edullisesti arvoalueita 0-2,4

20  $\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli, edullisesti millisekunneissa

22  $R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin, edullisesti 1...10

24  $C$  = trip-luokan kerroin

26  $i$  = mitattu virta. 9. Patenttivaatimuksen 7 tai 8 mukainen menetelmä, tunneettu siitä, että ohjelmoitu matemaattinen yhtälö, joka on operandeineen strukturoitu siten että termisen kuorman laskennan tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä 32-bittistä arvoa, on

$$\begin{aligned} \text{thRes} = & ((\Delta T * (i^2 / C) + \text{ROUNDING}) / \text{MSEC}) \\ & + (((((\text{MSEC} * \text{SCALING}) - ((\Delta T * \text{SCALING}) / (R * C))) / \text{SPART1}) * \text{th}) / \text{SPART2}) \\ & + \text{thFract} \end{aligned}$$

missä

30  $\text{thRes}$  = terminen kuorma,

$\Delta T$  = on termisen kuorman laskentaväli

$R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

$C$  = trip-luokan kerroin

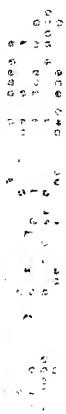
$i$  = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi

**ROUNDING** = pyöristyskerroin  
**MSEC** = aikayksikön skaalaus  
**SCALING** = tarkkuuden skaalaus  
**SPART1** = osaskaalaus  
**SPART2** = osaskaalaus  
**thFract** = edellisen laskennan terminen kuorma thRes jaettuna vakiolla.  
 10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista  
**thRes** = 0 to 200% vastaten edullisesti arvoalueita 0-24000  
 $\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa  
 $R = 1 \dots 10$   
 $C$  = trip-luokan kerroin  
 $i$  = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi 0-65000, joka vastaa 0-650% nimellisvirrasta,  
**ROUNDING** = 500  
**MSEC** = 1000  
**SCALING** = 10000  
**SPART1** = SCALING / 10  
**SPART2** = SCALING / 100  
**thFract** = edellisen laskennan thRes jaettuna vakiolla SCALING.  
 11. Patenttivaatimuksen 8, 9 tai 10 mukainen menetelmä, t u n - n e t t u siitä, että  $C$  on trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrottuna vakiolla, edullisesti 25. 29.5, tai laskettuna kaavalla  $(1/k) * Te * (Ia/In)^2$ , missä  $Ia$  = käynnistysvirta,  $In$  = nimellisvirta,  $Te$  = sallittu käynnistysaika ja  $k$  = vakio, edullisesti  $k = 1,22$ .

**(57) Tiivistelmä**

Sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin (M), terminen yli-kuormitussuoja (1) mittaa (10) sähkölaitteelle (M) syötetyn kuormavirran ja laskee (16) sähkölaitteen termisen kuormituksen mitatun kuormavirran perusteella sekä laukaisee (S2) virransyötön (L1,L2,L3) keskeytyksen, kun terminen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason. Suoja käsittää X-bittistä, edullisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käytävän prosessorijärjestelmän, jossa terminen kuorma lasketaan matemaattisella yhtälöllä, on ohjelmoitu mikroprosessorijärjestelmään siten struktuoituna, että tulos tai väli-tulos eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

(Kuvio 1)



15

1/2

Fig. 1

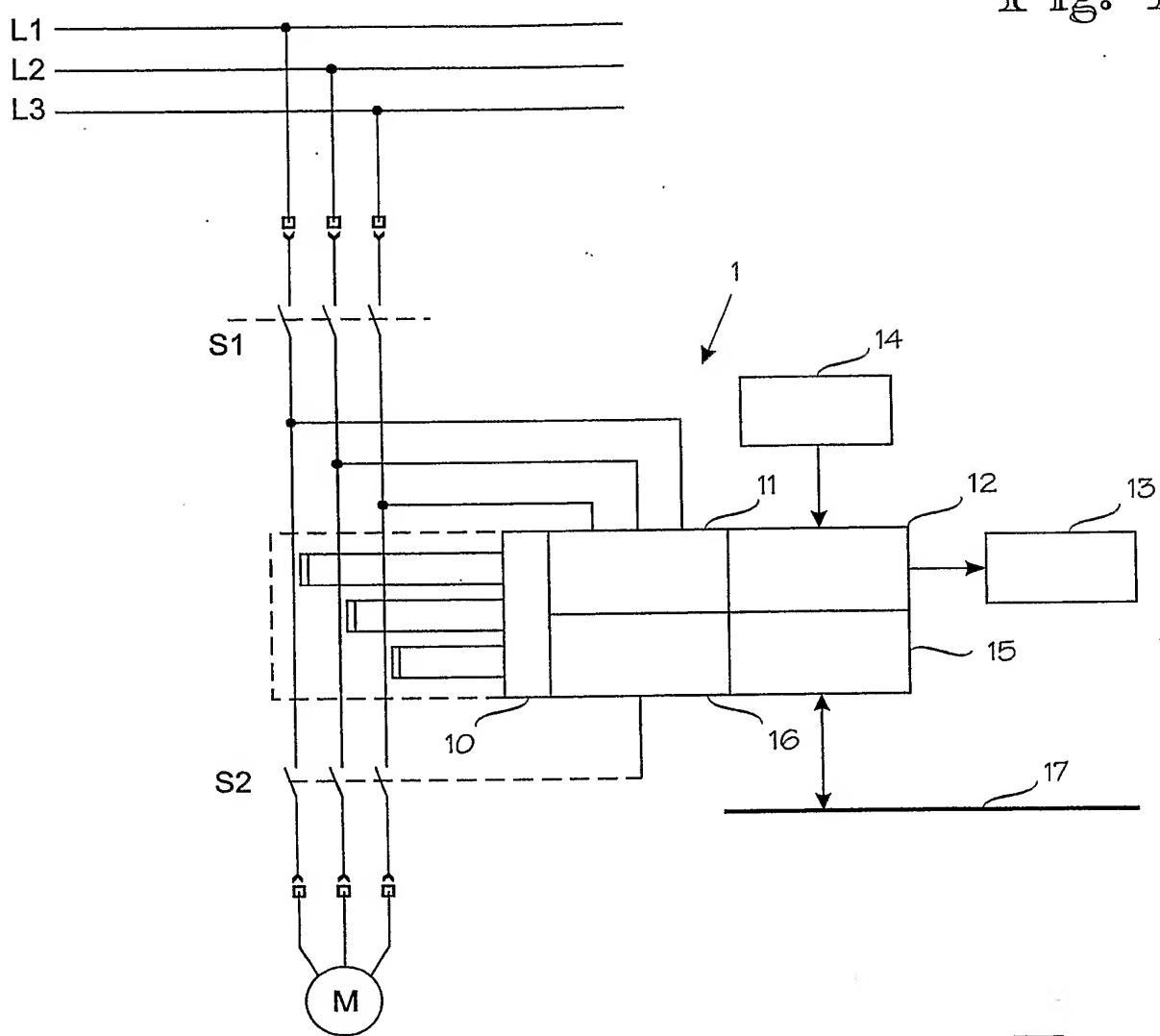


Fig. 2

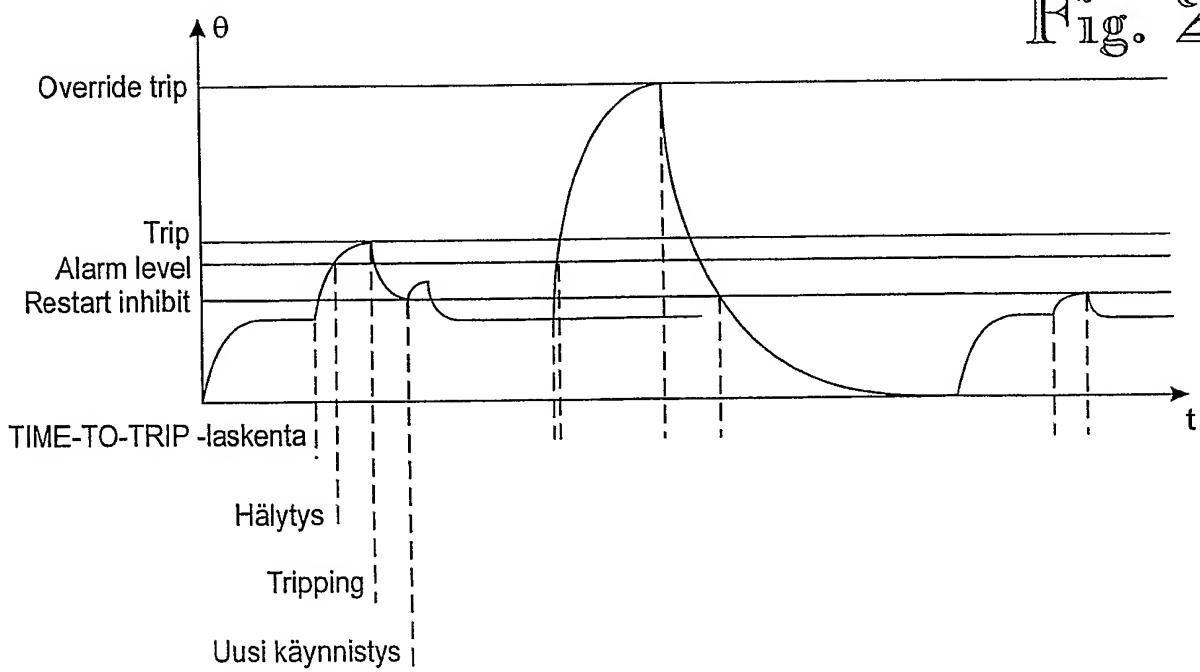


Fig. 3

